УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА РАН

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ MLSD'2009

МАТЕРИАЛЫ ТРЕТЬЕЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(5 – 7 ОКТЯБРЯ 2009 г., МОСКВА, РОССИЯ)

ТОМ I

(секции 1-3)

Общая редакция – академик С.Н.Васильев, д.т.н. А.Д.Цвиркун

Москва 2009

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ МЕГАСИСТЕМЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РОССИИ

Добровольский Г.В.
МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва
Рожков В.А.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва
rva39@mail.ru

Ключевые слова: эволюция, самоорганизация, развитие почв, параметры изменений почв и почвенного покрова.

Введение

Управление развитием мегасистемой почвенного покрова[1] осуществима в узких пределах и приложений в отраслях природопользования (сельское и лесное хозяйство, мелиорация, ландшафтное строительство и т.п.) и приложения высоко энергоемких технологий. Сложность восприятия объекта, целенаправленное управление его свойствами и процессами почвообразования требуют структуризации проблем и формализации представлений о его самоорганизации и саморазвитии в ходе естественной эволюции, а также после разнообразных антропогенных воздействий.

Самоорганизация почвы и почвенного покрова осуществляется в процессах их эволюции. Однако, несмотря на обилие статей, книг и проведенных конференций определение эволюции почв с момента возникновения почвоведения считается дискуссионным, хотя должно стать гостированным термином.

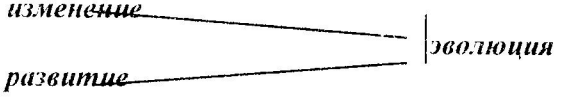
Беда (а, может, и достижение) почвоведов в разнообразии мнений, нежелания фиксировать хотя бы на определенный период свои представления. Отсутствие единого мнения в значительной мере может быть объяснимо разнообразием природных условий распространения почв России, составляющих почвенный покров, и сложностью построения универсальной классификации реального разнообразия почв и их комбинаций.

Денотат имени «эволюция», может содержать процесс, функцию или структуру; в определенном смысле упорядоченность, сложность, старшинство, подчиненность и др. Формализация фиксированных представлений – единственный путь достичь определенности понятий, целей и ожидаемых результатов даже в отсутствие консенсуса разных исследователей.

1. Основные понятия, проблемы и формализмы

1.1.Основные определения

Понятие *эволюции* имеет различные оттенки. Имеются в чем-то близкие, но не вполне совпадающие определения эволюции. Понятия, связанные с эволюцией, образуют системную триаду [2]:



Следуя принципу, что «все уже было», в качестве рабочего может быть предложено определение эволюции как прогрессивное изменение состава и свойств почвы столь сильное, что появляется необходимость изменения ее классификационного наименования, что и является формальным

[1] Термин «крупномасштабный» в почвоведении занят в обозначении крупномасштабного картографирования почвенного покрова.

признаком эволюции. ([12] с. 4). К этому следует добавить ссылку там на Тумина, который в 1910 г., писал, что «эволюция почв есть функция времени и протекает без изменений внешних условий, а *метаморфоз* является функцией смены условий и стремления почвы *придти* в равновесие с новым комплексом условий» (с. 12).

Таким образом, предлагается принять за основу следующие определения.

Изменения – наиболее общее понятие развития и эволюции.

Развитие – это необратимое качественное изменение почвы, сопряженное с изменением ее внутренних свойств и состава, а так же внешних связей и функций. Понятие развития основано на представлениях о направленности времени.

Эволюцию следует понимать как непрерывное постепенное *упорядочение*, переход от простого к *сложному*, усложнение почвы или почвенного покрова в процессе номогенеза, саморазвития за счет внутренних факторов, без внешнего воздействия, т.е. самоорганизации.

Упорядочение - не рефлексивное отношение, обладающее свойствами связности, антисимметричности и транзитивности. Может различаться строгий и не строгий порядок, что формально представляется соответственно знаками $<,>$ и $\leq,\geq$. В содержательном плане такое отношение кроме отношений «больше-меньше» может отражать пространственные (ближе-дальше) и/или временные (моложе-старше) характеристики почв (обозначения $\prec,\succ$, $\preccurlyeq,\succcurlyeq$) особенности их свойств или функций.

По сложности отношений, строения, генезиса, по целям использования и др. могут вычленяться этапы или стадии эволюции почв. Сложность связана с уровнем *организованности* системы.

Необратимость эволюции почв [12] выражается, к примеру, в разрушении первичных минералов при отсутствии их поступления со стороны. Она совершается при установившихся (квазипостоянных) факторах почвообразования. Она реализуется в продолжение происходящих химических, физических и других процессов в минеральной части почвы, их взаимодействии с органическими веществами и особенно в функционировании биоты, поскольку почва по определению биокосная система.

Процессы, направленные изменения почв в соответствии с меняющимся условиям почвообразования, следует называть *метаморфозом*. В связи с этим антропогенной эволюции не бывает - это скорее будет революцией. И так в любых сферах природы и общества: «Революция в том смысле, как мы обычно понимаем это слово, есть быстрый, насильственный переворот. С устройством демократической республики естественно окончится и длинный период наших революционных попыток. С этого великого момента все мы, революционеры, неизбежно обратимся в эволюционеров…» (Н.Морозов цит. по [1], с. 79).

Специального анализа требует определение *сложности*. Почва становится: старше; более упорядоченной и уж точно более организованной в части соответствия среде на отрезке климакса (в принципе эволюция может вести и к упрощению с некоторых точек зрения).

Понятия *большая* и *сложная* системы не синонимы. Первая характеризуется количеством элементов (широтой), вторая – сложностью отношений, алгоритмов, поведения, многоцелевым назначением (глубиной) и др. Сложность связывают с *организованностью*. К сложным системам относят диффузные, самоорганизующиеся системы ([14], с. 449-450), что непосредственно относится к почвенной мегасистеме.

Для обозначения иерархии введено понятие *холархии*. К. Уилбер [15] формулирует 20 принципов свойственных эволюции в любой области, от материи и жизни до разума. Первый из них заключается в том, что реальность состоит из целого/частей, или «холонов» - термин для описания *целого*, которое в то же время является *частью* другого целого. Перечисленные почвенные объекты являются такими холонами.

Организация как способность поддерживать свою целостность (автономию, идентичность - рефлексивность) в внешней среде и в то же время *быть* частью другого целого – второй принцип и признак холона. При этом ему необходимо участвовать во *взаимодействии* как части целого.

Холизм в синергетике носит эволюционный характер. В сложную структуру объединяются структуры разных возрастов, разных стадий развития. Определяющим является отнюдь не конфигурация структур, не природа входящих в них элементов, а их темп развития.

Мир как иерархия сред с разной степенью нелинейности или структур с разным, возрастающим уровнем сложности предстает, как **холархия** (holarchy), т.е. иерархия целостностей (holons), которые являются в свою очередь частями более сложных эволюционных целостностей ([9], с. 143).

Естественная или *нормальная* холархия почвенной мегасистемы отражает универсальное свойство природы, когда целое на одном уровне становится частью другого. Поэтому когда говорят (к примеру, в Тектологии [3]), что «целое больше суммы своих частей», это означает, что целое обладает более высоким уровнем организации, чем части в отдельности. Без этого будут просто совокупности, а не целое, примером чего является классификация перечисления.

Почва и почвенный покров – открытая динамичная диффузная мегасистема, поэтому генетический принцип ее исследований, принятый в отечественном почвоведении, диктует исторический подход, т.е. включение в совокупность факторов почвообразования *время*.

А.А.Роде [13] напоминал слова Коржинского (1887), с которыми согласился и В.В. Докучаев: виды почв стадии последовательного изменения одного и того же типа... (с.8). Позже Коссович (1906) писал: ...всякая почва как бы представляет одну из стадий развития почвенного образования (там же с. 10) и далее: «...наблюдаемый современный почвенный покров земного шара должен быть рассматриваемым как одна из стадий в его развитии, что отдельные почвенные образования, с которыми имеем дело, в прошлом могли представлять другие формы почвообразования и в будущем могут подвергнуться превращениям даже без изменений внешних условий, что для полного познания почвы необходимо выяснить ее генезис с начала ее образования» Т.е. он рассматривает эволюцию почвы как *естественное следствие почвообразовательного процесса,* которое должно возникать независимо от изменения факторов почвообразования, но которое вместе с тем на эти факторы влияет.

В наше время В.Р.Вильямс [4] также высказал подобную мысль: «... почвообразовательный процесс на поверхности суши земного шара представляет один грандиозный по своему пространственному протяжению и длительности процесс воздействия биологических элементов природы на продукты абиотического изменения горных пород. Отдельные типы почвообразовательного процесса, представляющих в сущности отдельные фазы развития этого процесса, неразрывно связаны и совершенно незаметно и постепенно эволюционируют один в другой. И часто реликтовые свойства одной, предыдущей фазы развития процесса являются одновременно зачатками свойств другого процесса» (с. 372).

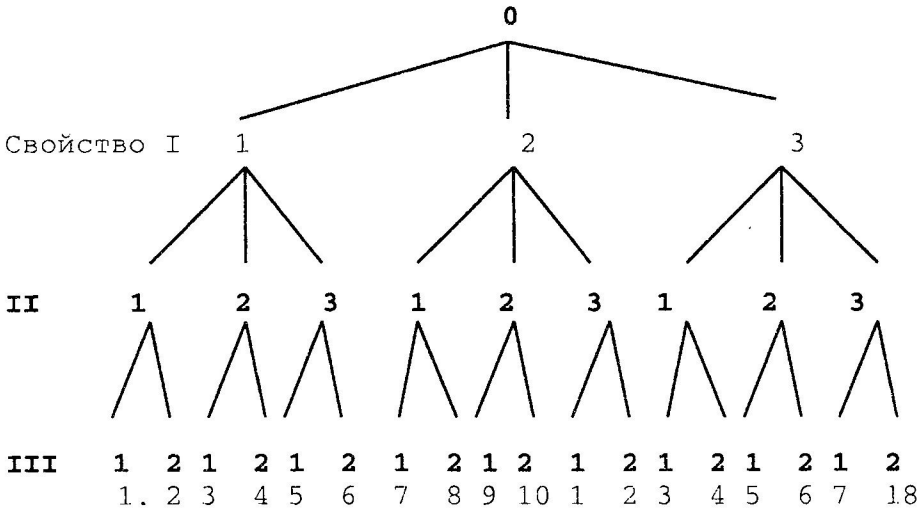
1.2.Структуризация и формализация представлений

Эволюция представляет собой холархизацию - процесс повышения уровня порядка целостности и включения компонентов системы. Формальное описание определенного вида компонентов и определенного уровня организации (у.о.) имеет вид:

$$(E^{1\ldots m}{}_{n-1})^j * S_n{}^r = E^i{}_n$$

где E – компонент, S –структура, n – у.о., i– вид компонента n-го у.о., j-й набор $1\ldots m$ компонентов $(n-1)$-го у.о., r – вид структуры n-го у.о. ([6], с. 160).

Большинства классификаций имеют иерархическую структуру и отображаются деревом, имеющих следующий вид:

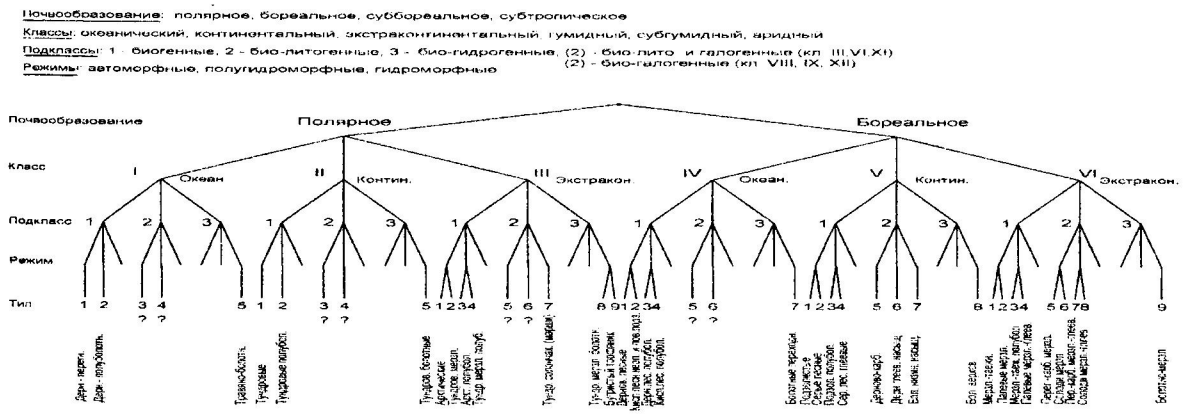


В данном случае это классификация перечисления (КП) [5] включает число объектов, равное произведений чисел градаций признаков (оснований деления) $N = \prod_i Ki$, где i – номер признака (его уровня), K_i число градаций признака. Здесь имеем $N = 3 * 3 * 2 = 18$ объектов в заданном пространстве признаков.

Таким образом, КП: формально фиксирует объем и содержание множества классифицируемых объектов по совокупности учтенных свойств, дает основу для выработки и проверки понятий о множестве этих объектов, служит средством эффективного кодирования эмпирических данных, позволяет ввести систему имен в этом множестве и дает основу для реформы имен, обеспечивает возможности для оптимизации эмпирических исследований, открывает возможности для арифметизации многих действий.

Важно, что КП не всегда холархия. В приведенном случае узлами дерева являются признаки – *элементарные ячейки*, не являющиеся холонами – совокупность признаков и их порядок в иерархии не имеет значения – они в любом порядке генерируют общее число объектов. КП получила реализацию в подпрограмме вычисления номеров объекта в иерархии по номерам учтенных признаков, и, обратно, по номеру объекта перечисляет номера его признаков [13].

В почвенной таксономии – тип-подтип-род-разновидность-разряд – это холоны в полном смысле. Примером служит фрагмент дерева классификации почв Ивановой Е.И. и Розова Н.Н. [8] которая является наиболее формализованной из существующих систем:



На рисунке показаны две из четырех корневых ветви, относящиеся к почвам нашей стране (знаком "?" обозначены пока неизвестные типы почв).

Независимо от признания или отрицания единого почвообразовательного процесса возникает вопрос о возможности приложения этой идеи к прогнозу направлений почвообразования в связи с глобальным изменением климата. По приведенному фрагменту формализованной классификации можно предположительно предсказывать новые и перестановки известных почв, предполагая сдвиг климатических поясов в сторону потепления гипотетически можно прогнозировать сдвиг почвенных зон. В зависимости от устойчивости почв к влиянию факторов процесс будет прерывистым и не равномерным в пространстве.

Продолжительность временных периодов ожидаемых явлений, в порядки превышающих жизнь, делает трудно различимыми отрезки эволюции поскольку по определению она происходит при постоянстве факторов. Но можно сослаться на геологическую хронологию истории Земли, отражающую еще более длительные, но разделимые, эпохи [7].

Антропогенные воздействия обладают сравнительно коротким временем реализации и скорее следует говорить об *изменениях* почв, чем об эволюции. Тем более, что в ходе многовекового земледелия нельзя утверждать постоянство воздействий, в силу модификации технологий с прогрессом технологий.

Анализ механизмов эволюции почв требует глубокого изучения многообразия почв, их функционирования и происходящих в них почвенных процессов, начиная с элементарных (ЭПП). Такой анализ необходим для выработки объективных критериев, позволяющих реализовать количественный подход к изучению процессов развития почв. Критерием обычно служит повышение

или понижение уровня организации - свойство систем обнаруживать взаимосвязанное поведение частей системы в рамках целого, что проявляется в ограничении разнообразия поведения частей системы и является ее инвариантным свойством [14].

ЭПП проявляются в почвообразовании комплексно, т.е. происходит одновременно несколько разных процессов. Однако обычно удается выделить ЭПП или их ограниченную группу, имеющую преобладающее влияние на почву. Эти ЭПП определяют классификационное разнообразие почв и их функциональную роль в биосфере.

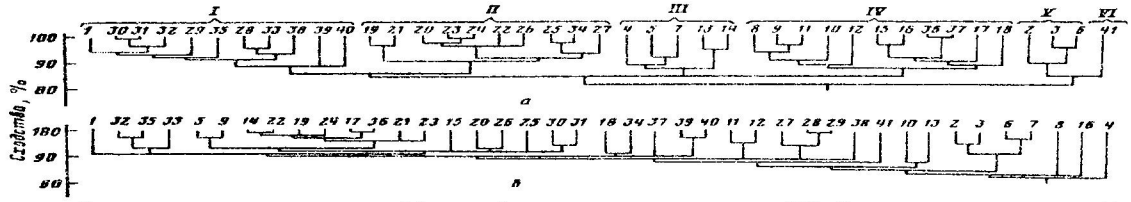


Рис. 1. Дендрограмма почв по процессным (а) и профильным (б) кодам [11]:
Тундровые (I): 1 — арктические, 2 — тундровые глеевые, 3 — тундровые подзолисто-глеевые; таежные (II): 4 — подбуры, 5 — таежные палевые, 6 — таежные глеевые, 7 — таежные перегнойно-глеевые, 8 — глее-подзолистые, 9 — подзолистые, 10 — подзолы, 11 — дерново-подзолистые, 12 — торфяно-подзолисто-глеевые, 13 — рендзины; лесные и лесостепные (III): 14 — дерново-карбонатные, 15 — псевдоподзолистые, 16 — псевдоподзолы, 17 — бурые лесные, 18 — бурые лесные оподзоленные, 19 — серые лесные, 20 — дерново-глеевые; степные (IV): 21 — черноземы оподзоленные, 22 — черноземы выщелоченные, 23 — черноземы типичные, 24 — черноземы обыкновенные, 25 — черноземы южные, 26 — лугово-черноземные, 27 — темно-каштановые; пустынные (V): 28 — светло-каштановые, 29 — бурые полупустынные, 30 — серо-бурые, 31 — сероземы светлые, 32 — сероземы типичные, 33 — лугово-сероземные; субтропические засоленные (VI): 34 — коричневые, 35 — серо-коричневые, 36 — желто-бурые, 37 — красноземы, желтоземы, 38 — солончаки, 39 — солонцы, 40 — солоди, 41 — болотные

Как следует из дендрограммы, совокупности ЭПП (по Герасимову И.П.) довольно четко диагностируют зональную принадлежность почв, описанных процессными кодами. Не вдаваясь в детализацию внутригрупповых отношений почв, можно считать, что процессные коды удовлетворительно отражают направления почвообразования. Однако, профильные коды не отражают закономерностей в силу многозначности номенклатуры.

Категория сложности составляет предмет синергетики как теории самоорганизации и глобальной эволюции, нашедшей приложение в почвоведении [10]. Различаются уровни *иерархической* организованности почвенной мегасистемы от элементарных почвенных частиц, агрегатов, генетических горизонтов, профилей, элементарных почвенных ареалов и их комбинаций в пространственной структуре почвенного покрова (СПП). СПП – это закономерная совокупность элементарных почвенных ареалов (ЭПА), представленная на местности и на карте в виде различных почвенных комбинаций. Необходима формализация исходных описаний СПП. В этом состоит идея так называемого тектологического принципа [3], состоящего в том, что формальный аппарат описания и анализа является общим для указанных уровней.

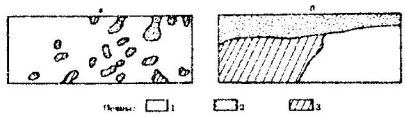
В качестве параметров, характеризующих контура служат: *содержание контуров* – индекс почвы, *геометрия* - размер, форма, изрезанность границ, а также могут включаться коэффициенты: *гидроморфности, эродированности, сложности* и др.

Контрастность почвенных комбинаций (ПК) – главная их характеристика, которая используется для регистрации трансформации СПП во времени и пространстве. Оценка контрастности почвенных комбинаций учитывает наряду со сходством по свойствам почв также и характер распределения сопутствующих или включенных почв. На рисунке показан принцип расчета контрастности трех почв (КП) для сильно (КС=0.67) и слабо (КС=0.04) контрастных по свойствам, распределенных мелкими (а) или крупными (б) контурами [13]. КП – это контрастность, учитывающая среднее внутри групповое и межгрупповое сходство контуров по совокупности свойств, а также доли площадей почв в ПК.

Оценка структуры почвенного покрова

$$КП = \frac{c_{II} - c_{II}}{c_{II}} \cdot \frac{-\sum_{i=1}^{k} p_i \lg p_i}{\lg k} = КС \cdot ДП,$$

где c_{II} и c_{II} — среднее внутри- и межгрупповое сходство почв, K — число почв в почвенной комбинации; P_i — доля площади i-той почвы ($i = 1, K$).

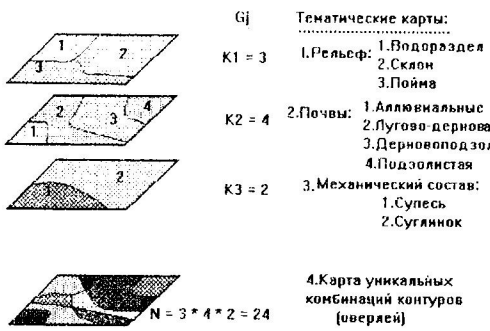


Значения коэффициента контрастности (КП) трех почв с неравномерным (а) и равномерным (б) соотношением их площадей в контуре, а также в связи с различными величинами внутри- (c_{II}) и межгруппового (C_{II}) сходства по свойствам:

Сходство, %		КС	Доли площади, %			ДП	КП
C_{II}	C_{II}		P_1	P_2	P_3		
91	30	0.67	92.3	6.2	1.5	0.28	0.19
91	30	0.67	33.3	33.3	33.3	1.00	0.67
51	49	0.04	92.3	6.2	1.5	0.28	0.01
51	49	0.04	33.3	33.3	33.3	1.00	0.64

Рассмотренные подходы применимы к исследованию фотоизображений, отдельных карт и их композиций, т.е. для картинно-картографических образов, в том числе ГИС-обьектов – отдельных слоев или их комбинаций, показанных на рисунке.

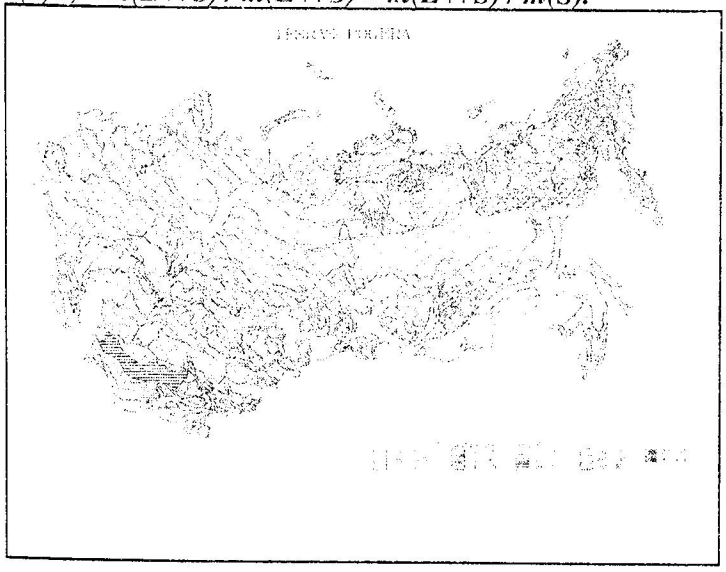
Так, в результате наложения двух или более карт получается комплексная карта, контура которой (уникальные комбинации) характеризуются комплексом показателей с исходных карт. Полученная комплексная карта может представлять элементарные ландшафты, если исходные карты включают их показатели, типы земель или структуру почвенного покрова, если картографические слои представляют распределение местности основной, сопутствующих или включенных почв. Картографические слои автономны, независимы, но независимы (условно), и порядок их в ГИС не имеет значения для результата наложения, т.е. это картографическй вариант классификации перечисления. Эволюционные изменения на любом слое картографической базы данных будут отражаться на результирующей карте уникальных комбинаций.



Построение комплексной карты оверлеем

При работе с контурами и/или с классами классификации (если не задано отношение эквивалентности) возникают проблемы их пересечений. Меры включения определяются из следующих выражений:

$$V(S; L) = m(S \cap L) / m(S \cap L) = m(S \cap L) / m(L);$$
$$V(L; S) = m(L \cap S) / m(L \cap S) = m(L \cap S) / m(S).$$



Меры не симметричны, т.е. **V(S;L)** $\neq$ **V(L;S)**, и указывают, какая доля почвенного контура (класса) отображается друг в друге.

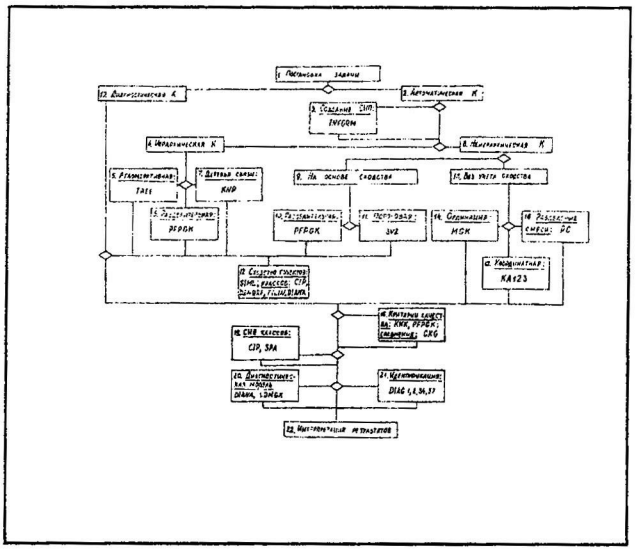
В результате наложения карт лесорастительного и почвенно-географического районирований получена представленная на рисунке комбинированная карта оценок включения контуров первой во вторую. На ней произошло сглаживание мелкоконтурности и довольно четко отражена природная зональность.

Для более детального анализа перспективно приложение аппарата нечетких множеств.

2. Заключение и выводы

Анализ проблем эволюции привел к утверждению необходимости строгой интерпретации применяемых понятий и необходимости их формализации. Как сказано: «Одна и та же мысль меняется в зависимости от слов, которые ее выражают. Мысли получают свое значение от слов, а не дают его словам» ([9], с.173]. Поэтому необходимо периодически утверждать некоторый фиксированный словарь терминов, переиздавая его по мере развития почвоведения. Формализация понятий позволит повысить взаимопонимание ученых, способствуя ускорению коллективного совершенствования науки.

Формализация и средства ГИС-технологий обеспечивает общность методов организации и анализа почвенных данных на уровнях и подсистемах мегасистемы почвенного покрова.



Разработан проблемно ориентированный пакет программ, с помощью которого решаются иллюстрируемые задачи. С учетом шкал признаков осуществляются расчеты различных задач многомерной статистики и кластер-анализа.

Приведенные рассуждения и приведенные формальные решения применимы на уровнях почвенной мегасистемы от микроморфологических шлифов до СПП и его картографического представления на федеральном уровне.

Перспективой работ в области исследований структурно-параметрической самоорганизации почвенной мегасистемы ставится создание тектологической (по Богданову) по содержанию и смыслу концепции почвоведения, формализованной на уровнях её организации, теории и приложений. Задача осуществима средствами современных информационных технологий, фундаментальных и прикладных достижений почвоведения.

Литература

1. *Валянский С.И., Недосекина И.С* Четыре встречи. Жизнь и наследие Николая Морозова. М.: АСЕ: АСТ МОСКВА: ХРАНИТЕЛЬ, 2006. 639 с.
2. *Баранцев Р.Г.* Синергетика в современном естествознании. М.: Едиториал УРСС, 2003. 144 с.
3. *Богданов А.А.* Тетология. Всеобщая организационная наука. М.: Финансы, 2003. 496 с.
4. *Вильямс В.Р.* Почвоведение. Избранные соч., т. 1. М.: Гос. изд. с-х. лит-ры, 1949. 447 с.
5. *Воронин Ю.А.* Теория классифицирования, и ее приложения. Новосибирск: Наука СО, 1985. 232 с.
6. Геологические тела. М: Недра, 1986. 335 с.
7. *Добровольский Г.В., Куст Г.С.* Основные пути и методы прогноза эволюции почв под влиянием глобальных изменений климата //Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 17. ПОЧВОВЕДЕНИЕ. 1994. № 2. С. 3-13.
8. *Иванова Е.Н., Розов Н.Н.* Классификация почв СССР. //Докл. советск. Почвовед.к VII Междкн. Конгр. В США. М.: АН СССР, 1960, С.280-293.
9. *Князева Е.Н., Курдмов С.П.* Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М.: КомКнига, 2007. 272 с.
10. *Никитин Е.Д.* Философское почвоведение и синергетика //Синергетика. Т.4. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 300-311.
11. *Паскаль Б.* Чудеса. Афоризмы. М.: ООО «Издательство АСЕ»; Харьков: «Фолио», 2003. 236 с.
12. *Роде А.А.* Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М.: Огиз, 1947. 142 с.
13. *Рожков В.А.* Почвенная информатика. М.: Агропромиздат, 1989. 222 с.
14. Системный анализ и принятие решений. Словарь-справочник. М.: Высш. шк., 2004. 616 с.
15. *Уилбер К.* Краткая история всего. М.: АСТ: Астрель, 2006. 476 с.
16. *Чаадаев П.Я.* Полное собрание сочинений. Т.1. М.: Наука, 1991. 800 с.